

# DISTRIBUIÇÕES DE EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO DIÁRIA, TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA E VELOCIDADE DO VENTO EM PIRACICABA, SP

Clóvis Angeli Sansigolo<sup>1</sup>

**ABSTRACT-** Several theoretical probability distributions including Gumbel, Fréchet, Weibull, Lognormal, and Pearson 3 were fitted to annual extremes of maximum daily rainfall, maximum and minimum absolute temperatures, and instantaneous wind speed in Piracicaba, São Paulo, Brazil (1917-2004). Maximum likelihood methods were used to estimate the distributions parameters as well their confidence intervals. Kolmogorov-Smirnov tests were used to compare the fits and select the best theoretical distribution. The Gumbel distribution was that best fitted the extremes of maxima daily rainfall and maxima absolute temperatures. The Weibull 3 distribution best fitted minima absolute temperatures and instantaneous wind speed. Results showing the expected values, as well their confidence intervals, for return periods up to 500 years, are presented.

## INTRODUÇÃO

Previsões probabilísticas de eventos raros ou extremos são imprescindíveis para o planejamento e desenvolvimento das atividades sujeitas a seus efeitos adversos, especialmente estruturas de engenharia civil. A teoria de valores extremos é fundamental nestes casos, para a modelagem destes eventos. Os fundamentos desta teoria foram desenvolvidos por Fisher-Tippett (1928) que definiram os 3 tipos possíveis de distribuições assintóticas de valores extremos, conhecidas como de Gumbel (tipo I), Fréchet (tipo II) e Weibull (tipo III) (Gumbel, 1958). Estas 3 distribuições são casos especiais da Distribuição Generalizada de Valores Extremos desenvolvida por Jenkinson (1955). Além das distribuições de valores extremos, também são bastante utilizadas para ajustar eventos raros as distribuições Log-normal e Pearson 3 (Bobée & Robitaille, 1977; Sevruck. & Geiger, 1981).

O objetivo deste trabalho é avaliar o ajuste de diferentes distribuições de extremos a séries longas de precipitações diárias, temperaturas máximas e mínimas e velocidades instantâneas do vento em Piracicaba, SP.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisadas as séries de máximos anuais de precipitação diária, temperatura máxima e mínima absolutas (1917-2004) e velocidade instantânea do vento a 10m (1956-2004) registradas na Estação Agrometeorológica da ESALQ, USP, em Piracicaba, SP (lat. 22°42'30''S, lon. 47°30'00''W e alt. 545m).

Diferentes distribuições, escolhidas ente as mais frequentemente utilizadas na descrição destas variáveis foram consideradas, incluindo a de Gumbel, log-normal, Pearson 3, Fréchet e Weibull. Os parâmetros das distribuições foram ajustados por métodos de máxima verossimilhança (Kite, 1977), reconhecidos como os melhores estimadores. Também os intervalos de confiança foram obtidos por métodos de máxima verossimilhança (Kite, 1977).

Os ajustes e a seleção das melhores distribuições teóricas foram feitos por testes de Kolmogov-Smirnov.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição de extremos que melhor se ajustou às precipitações máximas diárias foi a de Gumbel. Na figura 1 encontram-se as distribuições empírica e a teórica acumulada [  $P(x)=\exp(-\exp(-0,071(x-63,65)))$  ], assim como os intervalos de confiança ao nível 95% de probabilidade. Este resultado confirma que a distribuição de Gumbel é a mais adequada para descrever e extrapolar extremos de precipitação diária para longos períodos de retorno (Hersfield, 1973).

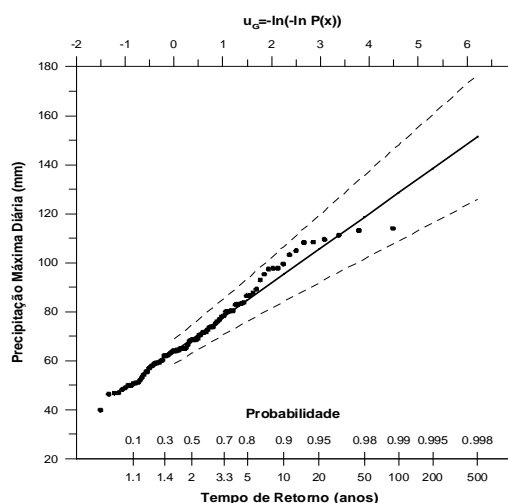


Figura 1. Distribuição de Gumbel ajustada às precipitações diárias máximas anuais em Piracicaba (1917-2004).

Também no caso das temperaturas máximas anuais a distribuição que melhor se ajustou foi a de Gumbel [  $P(x)=\exp(-\exp(-1,10(x-35,79)))$  ], mostrada na figura 2.

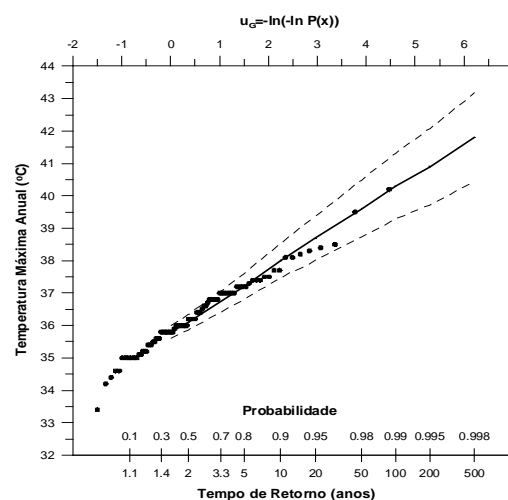


Figura 2. Distribuição de Gumbel ajustada às temperaturas máximas anuais em Piracicaba (1917-2004).

<sup>1</sup> Divisão de Clima e Meio Ambiente, CPTEC, INPE, 122001-970, São José dos Campos, SP  
E-mail: sansigol@cpctec.inpe.br

Os extremos anuais de temperatura mínima absoluta no abrigo foram melhor ajustados pela distribuição de Weibull 3 [  $P(x) = \exp -(x + 0,41 / 3,08 + 0,41)^{3,67}$  ], mostrada na figura 3. Neste caso, a distribuição de Gumbel, utilizada por Sansigolo & Nery (2000) para ajustar as temperaturas mínimas em 27 localidades no Paraná, teve um desempenho inferior à de Weibull 3.

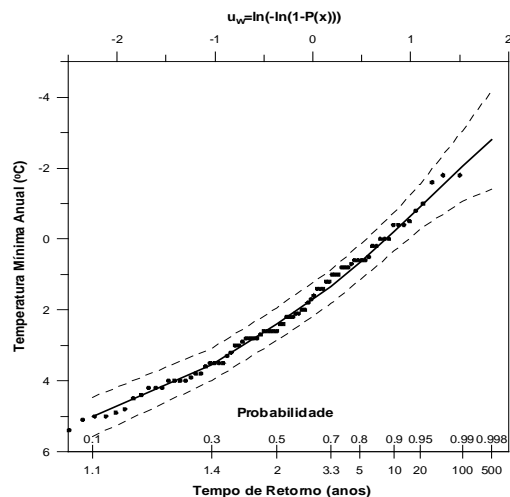


Figura 3. Distribuição de Weibull 3 ajustada às temperaturas mínimas anuais em Piracicaba (1917-2004).

As velocidades instantâneas máximas anuais do vento a 10m de altura também foram melhor ajustadas pela distribuição de Weibull tipo 3 [  $P(x) = \exp -(x - 18,78 / 27,03 - 18,78)^{1,92}$  ], mostrada na figura 4. Este resultado confirma que esta distribuição é uma das mais apropriadas não só para descrever os extremos de vento como para extrapolá-los para longos períodos de retorno (Van der Auwera et al. 1980; Garcia et al. 1998, Bautista, 2002 e Sansigolo, 2003).

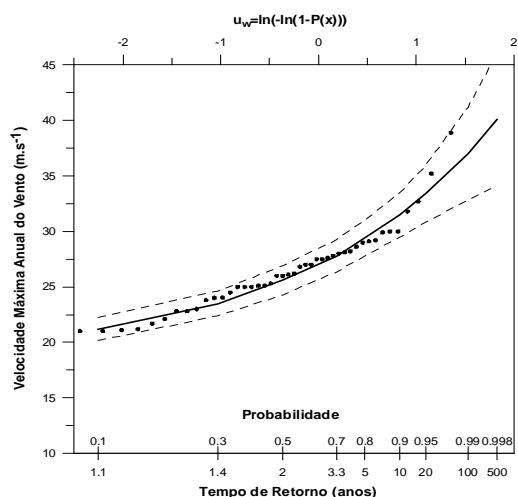


Figura 4. Distribuição de Weibull 3 ajustada às velocidades instantâneas máximas anuais do vento em Piracicaba (1956-2004).

Conclui-se que diferentes distribuições podem ser bem ajustadas a valores extremos de precipitação, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento, mas sempre que possível os melhores estimadores,

como os métodos de máxima verossimilhança, devem ser usados não só para os parâmetros como também para os intervalos de confiança. Todavia, só o ajuste a séries longas em múltiplas localidades (Hersfield, 1973; Sevruk. & Geiger, 1981) pode fornecer indicações sobre as distribuições que levam às melhores extrapolações.

## REFERÊNCIAS

- Bautista, E. Z. A distribuição generalizada de valores extremos no estudo da velocidade máxima do vento em Piracicaba, SP. Dissertação de Mestrado, ESALQ, USP, Piracicaba, 47 p. 2002.
- Bobée, B. & Robitaille, R. The use of Pearson type 3 and log Pearson type 3 distributions revisited. *Water Resources Research*, v. 12, n. 2, p. 427-443, 1977
- Garcia, A., Torres, J. L., Prieto, E., Francisco, A. Fitting Wind Speed Distributions: A Case Study. *Solar Energy*, v. 6, n. 2, p. 139-144, 1998.
- Gumbel, E. J. *Statistics of extremes*. Columbia University Press, New York, 375 p. 1958.
- Hersfield, D. M. On the probability of extreme rainfall events. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 50, n. 10, p. 1013-1018, 1973.
- Jenkins, A. F. The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 81, p. 159-171, 1955.
- Kite, G. W. *Frequency and risk analysis in hydrology*. Water Resources Publications, Fort Collins, CO, 224 p. 1977.
- Sansigolo, C. A.; Palermo, M. A. & Gomes, A. M. Predeterminação de vazões extremas pelo método do gradex. In: *Anais III Congresso Brasileiro de meteorologia*, Belo Horizonte, MG, p. 329-336, 1984.
- Sansigolo, C. A. & Nery, J.T. Distribuições de extremos de temperatura mínima no Paraná. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 8, n. 2, p. 247-253, 2000.
- Sansigolo, C. A. Distribuições de probabilidade de velocidade e potência do vento. In: *Anais XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Fortaleza, CE, [CD-ROM], 2003.
- Sevruk, B. & Geiger, H. Selection of distribution types for extremes of precipitation. *WMO Operational Report*, n. 15, 64 p. 1981.
- Van der Auwera, L., Meyer, F., Malet, L.M. 1980. The Use of the Weibull 3-Parameters model for estimating mean wind power densities. *Journal of Applied Meteorology*, v. 19, n. 7, p. 819-825, 1980.